LA RÉGÉNÉRATION NATURELLE DU HÊTRE *(FAGUS SILVATICA)*

par François LE TACON et Helfried OSWALD

I.N.R.A., Centre National de Recherches Forestières, Champenoux, 54 280 Seichamps

RESUME

La réussite d'une régénération naturelle du hêtre dépend de tout un ensemble de facteurs qu'il est nécessaire de connaître et de maîtriser. Il est possible d'intervenir à tous les niveaux et de conduire ainsi une régénération à son terme avec peu de risques d'échecs.

Si l'on ne peut intervenir sur la fréquence des faînées, qui dépend des conditions climatiques générales, on peut intervenir sur leur abondance. L'abondance d'une faînée dépend fortement de la fertilité de la station. Par fertilisation on peut multiplier le nombre de faînes par plus de 3. Une sylviculture permettant d'assurer aux houppiers des semenciers un grand développement a un effet tout aussi important.

La faînée étant obtenue, il est nécessaire d'éliminer la végétation herbacée concurrente et de travailler le sol. Le travail du sol a des effets multiples (élimination de la litière, amélioration de la germination par un meilleur contact sol-faînes , protection des radicules contre les gelées de printemps, amélioration considérable du régime hydrique par effet de mulch et protection des semis contre la sécheresse).

Le travail du sol n'est malheureusement pas suffisant, en particulier lorsque les hivers sont doux. Dans ces conditions d'hiver peu rigoureux, les faînes sont attaquées par un champignon tellurique Rhizoctonia solani et pourrissent. Elles sont également consommées par les rongeurs et les oiseaux. Ces trois facteurs conjugués assu-

103e Congrès national des sociétés savantes, Nancy, 1978, sciences, fasc. I, p. 131-148.

rent le plus souvent, en plaine, la disparition totale des faînes et l'échec de la régénération.

Un travail du sol enfouissant la litière diminue cependant les attaques de Rhizoctonia. Il est possible également d'éliminer les rongeurs par piègeage et empoisonnement et de protéger les faînes contre les oiseaux par des filets. Expérimentalement ces méthodes de lutte sont très efficaces. Les semis étant ainsi obtenus, il est encore nécessaire de les protéger contre le puceron laineux qui peut anéantir totalement une brosse de semis au début de l'été. Sans cette succession d'opérations, la réussite d'une régénération naturelle du hêtre en plaine est très aléatoire, voire impossible.

I - INTRODUCTION

Près du quart du territoire de la France métropolitaine est occupée par la forêt (I3 à I4 millions d'hectares), ce qui représente près de la moitié de la surface forestière totale des pays du marché commun. Les deux tiers de ces forêts (8 à 9 millions d'hectares) sont des forêts feuillues, où le hêtre, avec environ 2 millions d'hectares, tient une place très importante après les chênes.

Le hêtre produit des bois de qualité en Normandie, dans le Bassin Parisien, dans le Nord-Est de la France, et dans les Pyrénées.

Ces chênaies et hêtraies sont des forêts "cultivées", aménagées depuis fort longtemps. Elles sont maintenues dans un équilibre souvent "secondaire", stable par l'intervention permanente du sylviculteur, grâce à ses connaissances constamment accrues sur les biocoenoses forestières.

Les forêts feuillues sont des réserves sûres de matière première renouvelable et indispensable à notre économie. Elles fournissent annuellement de 8 à 9 millions de m^3 de bois d'oeuvre feuillu et font de la France le premier producteur de bois feuillu de qualité en Europe.

Elles jouent également un rôle capital dans le maintien des équilibres naturels, physiques et biologiques du pays (action favorable sur les sols, l'eau, la conservation de la faune et de la flore, etc...) ; elles sont tout spécialement aptes à remplir des fonctions de loisirs et de détente.

Mais, ces forêts, d'une importance capitale, motivent souvent de sérieuses préoccupations, qui s'expliquent pour l'essentiel par la difficulté qu'il y a à leur adapter une sylviculture alliant dans les meilleures conditions les impératifs techniques et biologiques, notamment lors de leur renouvellement (régénération naturelle, assistée ou artificielle).

Depuis une dizaine d'années, d'importantes recherches sur la régénération des chênaies et hêtraies ont été engagées avec l'aide financière de la Délégation à la Recherche Scientifique et Technique et celle de l'Office National des Forêts. Il s'agit d'un projet intégré et concerté entre différents organismes de recherche et différentes disciplines. La coordination et la mise en oeuvre ont été confiées à la Station de Sylviculture et de Production du Centre National de Recherches Forestières.

La réussite d'une régénération naturelle dépend de tout un ensemble de facteurs qu'il est nécessaire de connaître et de maitriser.

Nous avons tenté de schématiser l'action des différents facteurs sur la fructification, la croissance et la survie des semis, en ne faisant figurer que les relations les plus importantes et les plus directes et en faisant abstraction de toutes les interactions souvent très complexes et encore mal connues.

II - FLORAISON ET FRUCTIFICATION

2.I - INFLUENCE DES FACTEURS CLIMATIQUES

Les mécanismes qui régissent l'induction florale restent encore mal connus. On sait cependant que les ébauches florales sont formées à l'automne de l'année précédente. Il semble que les conditions macroclimatiques aient une action non négligeable, car des années de forte fructification se produisent simultanément dans des régions très éloignées. Ainsi, on a pu observer en I974 une bonne faînée dans toutes les hêtraies françaises, mais également en Allemagne. La fréquence des années de fructification est assez variable : 5 à 6 ans pour des faînées totales, et 3 à 4 ans pour des faînées partielles [I4]. On observe très rarement une faînée, deux années successives.

La floraison et la pollinisation sont directement influencées par les conditions climatiques. Les gelées tardives endommagent fortement

les fleurs mâles et femelles. La pluie entrave la dispersion du pollen et la fécondation.

La maturation et la dissémination des faînes dépendent également des conditions climatiques, sans que l'on connaisse avec précision les relations de cause à effet.

2.2 - INFLUENCE DES FACTEURS EDAPHIQUES

Une étude effectuée dans l'Est de la France en forêt de Haye [3] montre que la fructification du hêtre est très influencée par le type de station et semble directement liée aux réserves en eau utile des sols. L'effet de l'exposition joue dans le même sens en induisant des microclimats plus ou moins secs. Entre les deux stations extrêmes, les différences sont très importantes puisque sur un sol lessivé de plateau sur limons et argile de décarbonatation, la fructification peut être trois fois plus importante que sur rendzine en exposition Sud.

Si les possibilités d'alimentation en eau jouent un rôle important sur la fructification du hêtre, les possibilités d'alimentation minérale ont une influence tout aussi grande.

BORCHERS, GUSSONE et KRAMER en République Fédérale d'Allemagne, ont montré en I964, qu'en fertilisation, et en particulier une fertilisation azotée pouvait accroître la faînée. Toujours en Allemagne, HAUSSER en I97I, a obtenu une multiplication du nombre de faînes par 4 environ et une augmentation du poids des faînes de l'ordre de 20% avec une fertilisation complète.

De même WEISSEN, en Belgique, a obtenu une augmentation de 50% de la faînée dans un dispositif installé à Bertrix en I967 par un apport d'azote (I50 kg de N/hectare sous forme d'urée).

Cet effet de la fertilisation avait toujours été observé uniquement en année de faînée.

Nous avons nous mêmes (LE TACON, OSWALD, I977) obtenu des résultats semblables d'une part à Fougères dans l'Ouest de la France et d'autre part à Darney dans les basses Vosges grèseuses.

L'essai de Fougères montre que sur un sol à mor-moder développé sur limons, fréquemment représenté dans les hêtraies de l'Ouest de la France, l'apport de 200 kg d'azote et de I50 kg de phosphore à un peuplement de hêtre âgé de I20 à I40 ans a un effet considérable sur la

fructification.

C'est ainsi que la fertilisation agit tout d'abord sur la mise à fleur en augmentant le nombre de fleurs mâles de 69% et surtout en multipliant le nombre de fleurs femelles par 2,7.

La fertilisation agit enfin en augmentant le nombres de faînes viables par rapport au nombre de faînes avortées.

Ces différents effets se conjuguent et permettent de multiplier le nombre de faînes viables par 3,4.

C'est ainsi qu'une fertilisation azotée et phosphatée permet de passer de 90 faînes viables à 306 faînes viables au m^2 (récolte dans les pièges), ou de 35 faînes viables à II8 faînes viables par m^2 (récolte au sol).

Les résultats obtenus en forêt domaniale de Darney confirment parfaitement ceux obtenus dans l'Ouest de la France. Le facteur multiplicateur de la faînée par fertilisation est du même ordre de grandeur : 3,3 environ.

Les apports de scories (240 kg de P_2O_5 + 675 kg de CaO/ha) a un effet positif sur le nombre de cupules, le nombre total de faînes et le nombre de faînes viables.

Les apports de phosphore seul n'ont aucun effet significatif. L'apport de calcium seul à raison de I 500 kg/ha de CaO, a un effet significatif à 5% sur le nombre de cupules, c'est-à-dire sur les potentialités de fructification ainsi que sur le nombre total de faînes. Il n'a par contre pas d'effet sur le nombre de faînes viables.

Une fertilisation complète a un effet considérable sur tous les paramètres de la fructification. Cet effet semble surtout attribuable à l'apport d'azote ; le potassium ne semble jouer aucun rôle. On remarquera dans les traitements complets qu'un apport de calcium supplémentaire (I 500 kg de CaO au lieu de 675 kg de CaO à l'hectare) a un effet dépressif significatif sur les potentialités de fructification (nombre de cupules).

Ces résultats sont à rapprocher de ceux de Fougères qui mettent en évidence un effet dépressif de la fertilisation NPKCa par rapport à une fertilisation NP. Une fertilisation de type NP semble donc bien la meilleure. L'apport de phosphore sous forme de scories semble souhaitable.

Le résultat le plus intéressant de l'essai de Darney est peut être de montrer que la fertilisation a un effet sur la fructification même sur des peuplements de productivité élevée et cela 2 à 3 ans après l'apport des engrais. Cet effet semble assez indépendant du type de station, puisqu'il est aussi important sur mor (Fougères) que sur moder et mull acide (Darney).

Une question importante est celle de la durée de l'effet de fertilisation. Les résultats obtenus à Darney l'ont été trois ans après l'épandage des engrais (deux ans après le dernier épandage d'azote). A l'automne I977, soit six ans après l'épandage et 5 ans après le dernier apport d'azote l'effet de la fertilisation était devenu pratiquement nul sur la faînée.

Cette efficacité de courte durée est due probablement au fait que c'est l'azote qui a le rôle essentiel dans l'amélioration de la faînée. Or l'azote est un élément facilement lessivable qui disparait rapidement de l'écosystème.

2.3 - INFLUENCE DES FACTEURS SYLVICOLES

Par les éclaircies (coupes périodiques de certains arbres d'un peuplement), la coupe d'ensemencement et les coupes secondaires, le sylviculteur peut modifier la structure des arbres et leur répartition spatiale. Il agit ainsi sur les conditions microclimatiques du peuplement (éclairement des cimes, bilan hydrique, abri contre les gelées, etc...). On sait depuis longtemps que les arbres de bordure de forêt, ou d'une manière générale, les peuplements constitués d'arbres à houppier très développé et bien éclairé produisent d'avantage de faînes que les peuplements denses à arbres à cime étroite.

BECKER et al (I977) ont montré par exemple que dans des conditions édaphiques identiques un peuplement fermé de taillis-sous-futaie produisait trois fois plus de fruits qu'un peuplement fermé de futaie.

En pratiquant les coupes nécessaires le sylviculteur peut donc intervenir efficacement pour créer des conditions favorables à la fructification. Il peut également améliorer les peuplements en ne laissant, comme porte-graines, que des arbres ne présentant qu'un minimum de défauts.

III - CONSERVATION DES FAINES PENDANT L'HIVER

Une abondante fructification à l'automne, n'assure pas pour au-

tant la réussite de la régénération naturelle l'année suivante. Ce fut le cas par exemple de l'importante faînée de l'automne I974 qui fut un échec total [I2]. (Tableau I)

Forêts	Estimation totale de la faînée I974 par pièges		Estimation au sol à l'Automne I974	Estimation au sol du I5 avril 75
	faînes totales (viables + avortées)	faînes viables	faînes viables	faînes viables
Villers Cotterets I de IIème série	22I	I58	68	I,5
Villers Cotterets IO de 3ème série	I34	98	58	6,7
Villers Cotterets 6 de 8ème série	IIO	69	36	I,O
Villers Cotterets IO de I2ème série	208	I58	93	7,0
Villers Cotterets 24 de IIème série	I77	I25	I06	2,8
Villers Cotterets 2I de IOème série	283	202	I2I	3,8
Forêt de Haye 27 de 8ème série	I47	I06	II	9,4

Tableau I : Evolution du nombre de faînes viables en forêt de Haye (Meurthe et Moselle) et de Villers Cotterêts (Aisne) pendant l'hiver I974-I975.

Cet échec résulte de la disparition quasi-totale des faînes pendant l'hiver. Trois facteurs principaux interviennent dans la disparition des faînes : ce sont les rongeurs, les oiseaux et un champignon tellurique responsable de la pourriture des faînes.

De nombreuses études ont montré l'importance de la consommation des graines par les rongeurs. Ce sont essentiellement le mulot (Apodemus sylvaticus) et le campagnol roussâtre (Clethrionomys glareolus) qui sont responsables des dégâts. Il existe des relations entre la production de faînes et la dynamique des populations de rongeurs [8, I9]. L'abondance de la nourriture et des conditions climatiques favorables (hiver doux) entraînent des niveaux de population très élevés. Il y a stimulation de la reproduction qui peut durer tout l'hiver et prolongation de la survie des individus.

Plus de la moitié et parfois même la totalité des faînes peuvent être ainsi consommées par les rongeurs.

L'influence des oiseaux est beaucoup plus difficile à mettre en évidence que celle des rongeurs mais elle est tout aussi importante et peut parfois, à elle seule, expliquer la disparition totale des faînes dans certaines parcelles. Deux espèces semblent jouer un rôle important: le pinson du nord, Fringilla montifringilla et le pigeon ramier, Columba palumbus.

Le pinson du nord est une espèce migratrice qui passe l'été dans le nord et l'est de l'Europe et même en Asie (Sibérie). Il hiverne en Europe de l'Ouest. Sa migration semble liée aux conditions d'alimentation hivernale. Il semble qu'en France les fortes concentrations ont souvent coïncidé avec des années de forte faînée. Depuis I945, 7 migrations importantes ont été observées en France en particulier au cours des hivers I946-I947 et I965-I966. Des dégâts importants dus au pinson du nord ont lieu périodiquement dans les hêtraies de Basse-Saxe et de Hesse [6].

Pendant la journée, les oiseaux se dispersent et parcourent des distances importantes pouvant atteindre I20 km. Les besoins en énergie sont, dans ces conditions, de 4,7 kcal/h par individu, ce qui correspond à l'ingestion de 35 faînes par jour [5].

Le pigeon ramier peut faire des dégâts tout aussi considérables et son action est en général beaucoup plus visible que celle du pinson du nord. Dans les hêtraies proches de la région parisienne (Halatte, Villers Cotterets), on peut voir des bandes importantes de ramiers s'abattre à l'automne sous les semenciers.

Une expérience récente [4] a permis d'estimer la consommation des oiseaux pendant l'hiver I976-I977 en forêt de HEZ (Oise). Cette consommation a été au m^2 de I00 faînes pour un total de I30 faînes viables.

Un autre facteur important de disparition des faînes est un champignon du sol Rhizoctonia solani KUHN qui provoque la pourriture des cotylédons [I6]. PERRIN a montré l'importance des conditions climatiques dans le développement de ce champignon. Des hivers doux et humides sans périodes de gel sont extrêmement favorables à l'attaque des faînes. Comme les rongeurs ou les oiseaux, ce champignon est capa-

ble à lui seul d'anéantir totalement une faînée.

Pour être complet, il faut également citer la consommation probable des faînes par le grand gibier (sanglier) sans que l'on puisse donner des estimations sérieuses de dégâts.

IV - GERMINATION ET SURVIE DES SEMIS

4.I - INFLUENCE DES FACTEURS CLIMATIQUES

Les jeunes semis craignent les gelées tardives et la sécheresse de printemps. Une gelée tardive peut anéantir totalement une faînée en particulier si elle a lieu au moment de la sortie de la radicule avant que celle ci ne pénétre dans le sol [IO].

Une sécheresse de printemps a les mêmes effets si elle intervient au moment de la germination avant que les racines n'aient pénétré suffisamment loin dans le sol.

Une sécheresse estivale comme celle de I976 anéantit évidemment tous les semis quel que soit le type de station [3].

4.2 - INFLUENCE DES FACTEURS EDAPHIQUES

Les facteurs édaphiques ont un rôle important dans la germination et la survie des semis de hêtre soit directement, en raison des propriétés défavorables du sol, soit indirectement par l'intermédiaire de la végétation concurrente caractéristique des différents types de station.

BECKER (I969) a montré l'effet global du type de station sur les possibilités de régénération naturelle du hêtre à Villers-Cotterets. La régénération s'obtient plus facilement sur limons que sur substrat sableux.

Plusieurs essais de semis artificiels effectués sur les différents type de sols de la forêt de Villers-Cotterets [IO,II] ont montré que la germination et la survie des semis étaient d'autant plus difficiles que le type d'humus se rapprochait du type mor. La mauvaise germination et la faible survie des semis sur mor, et à un degré moindre sur un mor-moder et moder, est du d'une part aux faibles réserves en eau des substrats sableux sur lesquels se développent ces types d'humus et d'autre part à la pauvreté chimique de ce type de matériel.

De plus l'humus brut constitue un obstacle à la pénétration des jeunes racines de hêtre sur substrat calcaire [3] des expériences identiques effectuées en Forêt de Haye (Nord-Est de la France) montrent que la germination et la survie des semis dépendent étroitement des réser-

ves en eau du sol.

La végétation concurrente arbustive ou herbacée joue également un rôle considérable principalement par l'intermédiaire de l'alimentation en eau.

Par exemple la suppression de la ronce, sans travail du sol, améliore considérablement le régime hydrique des horizons superficiels, et par là même la survie des semis. En dehors de la compétition pour l'eau la végétation constitue une concurrence importante vis-à-vis des semis pour d'autres facteurs (alimentation minérale, lumière etc.)

Cette concurrence est telle que la non élimination de la végétation herbacée ou arbustive est un facteur d'échec certain de la région naturelle.

4.3 - INFLUENCE DES FACTEURS SYLVICOLES

La concurrence des semenciers est redoutable pour les jeunes semis, d'une part par l'intermédiaire de l'alimentation en eau et de l'alimentation minérale et d'autre part par l'intermédiaire de la lumière. Sous peuplements fermés les semis restent chétifs et donc fragiles. Ils ne dépassent pas le stade deux feuilles la première année de végétation dans ces conditions de peuplement fermé.

On pratique donc dans la gestion courante une coupe dite d'ensemencement qui tout en assurant un bon éclairement des cimes et donc une bonne fructification assure un minimum de lumière aux semis et limite la concurrence des semenciers. Cet éclaircie est en générale forte et souvent entraîne l'élimination de 30 à 40% des tiges.

Cette ouverture des peuplements doit cependant être dosée avec prudence. En cas d'échec de la régénération la végétation concurrente herbacée peut envahir le sol et compromettre les régénérations futures.

Une autre technique est parfois pratiquée, là où la régénération est facile a obtenir, en particulier en raison de la bonne conservation des faînes pendant l'hiver.

Les semis sont acquis sous peuplements fermés et le peuplement n'est ouvert que lorsque les semis sont bien installés.

Cette technique est plus sûre que la précédente car on ne risque pas de voire des peuplements largement ouverts, sans semis et envahis par la végétation herbacée, mais elle n'est pas toujours applicable.

4.4 - INFLUENCE DES ANIMAUX

Au stade semis, nous retrouvons à nouveau les rongeurs et le gibier qui peuvent causer des dégâts considérables. A Villers Cotterets, nous avons pu observer à plusieurs reprises des dégâts importants de cerfs et de chevreuils. HUSS (I972) a observé, année par année, pendant I4 ans, l'évolution d'une régénération naturelle. Tous les ans de nombreux semis disparaissent soit du fait des animaux, des insectes ou de la concurrence naturelle. 80 à 85% des semis présents la première année ont disparu après I4 ans. HUSS et d'autres auteurs estiment qu'il faut obtenir en moyenne au moins 20 semis au m^2 à la fin de la première année de végétation pour obtenir une régénération naturelle convenable.

4.5 - INFLUENCE DES INSECTES

Si tous les facteurs ont été réunis pour que la germination des semis soit abondante, la régénération n'est pas pour autant acquise définitivement.

Des essais effectués en forêt de Villers Cotterets [IO,II] ont montré, à plusieurs reprises, que les semis acquis au mois de mai disparaissaient complétement dès le mois de juin, même sur des stations favorables, chimiquement riches et à forte réserve en eau.

La disparition des semis est due principalement à l'action de deux insectes : une cicadelle Typhlocyba cruenta qui vide le contenu des cellules des deux premières feuilles et surtout à un puceron, le puceron laineux du hêtre, Phyllaphis fagi qui se localise à la face inférieure des feuilles. Quand les feuilles sont couvertes d'insectes, elles se flétrissent puis le semis meurt. Ce puceron alterne entre la cime des semenciers où il ne provoque que des dégâts insignifiant et les jeunes feuilles des semis qui ne peuvent résister.

L'action de ce puceron explique la disparition systématique des jeunes semis obtenue après crochetage dans le Bassin Parisien.

V - POSSIBILITES D'INTERVENTION

Les causes de l'échec d'une régénération naturelle de hêtre sont multiples et si aucune intervention n'est effectuée les chances de réussite sont très faibles.

Ces chances de réussite sont d'autant plus faibles que les hivers sont moins rigoureux. Une longue période de neige assure une bonne protection des semis. De longues périodes de froid limitent les popu-

lations de rongeurs et le développement des champignons du sol responsables de la pourriture des faînes. On peut constater par exemple qu'en Europe Centrale sous climat continental (Roumanie), la régénération naturelle ne pose aucun problème et est, la plupart du temps, explosive. Elle est le plus souvent acquise sans la moindre intervention sous peuplement fermé.

En climat montagnard, il en est de même. Dans les Hautes Vosges et dans les Pyrénées, la régénération naturelle du hêtre a le même caractère explosif et spontané qu'en Europe Centrale. En plaine, dans le Nord Est de la France, la régénération naturelle est déjà beaucoup plus aléatoire. Elle est plus facile dans les Basses Vosges que sur les plateaux calcaires. Elle peut être obtenue néanmoins relativement souvent en raison de la fréquence des hivers rigoureux.

Dans le Bassin Parisien où les hivers rigoureux sont rares elle devient très aléatoire. Enfin, en climat franchement atlantique, elle devient presque impossible.

C'est donc surtout en plaine que les interventions humaines doivent être pratiquées. Sans ces interventions, les chances de réussite sont pratiquement nulles.

De nombreuses interventions sont possibles et nous allons discuter de leur intérêt et de leurs inconvénients.

5.I - LA FERTILISATION

Nous avons vu précédemment que par fertilisation il est possible d'améliorer l'abondance de la faînée. Nous avons vu aussi que c'est l'azote qui est le facteur principal d'amélioration de la faînée et que de ce fait l'action de la fertilisation est fugace.

Pour l'instant il n'est guère possible de conseiller systématiquement l'utilisation d'engrais dans la pratique courante de la régénération.

Il nous semble que la fertilisation doit plutôt être réservée à des cas particuliers, comme celui des peuplements porte-graines sélectionnés pour leur semence. Dans ce cas la fertilisation azotée doit être renouvelée tous les 4 ou 5 ans.

Les essais effectués à Villers Cotterets, nous ont montré cependant que dans le cas des hêtraies à mor ou à moder-mor, la pauvreté chimique des sols était telle qu'en absence de fertilisation la survie

des semis était compromise. On peut donc conseiller sur substrat sableux et sur station à mor ou à mor-moder une fertilisation complète. Ce type de station n'est cependant pas fréquent en hêtraie.

Sur les stations à moder qui sont beaucoup plus fréquentes, la fertilisation n'améliore pas la survie des semis ni leur croissance.

5.2 - LE TRAVAIL DU SOL

Le travail du sol, encore appelé crochetage est une pratique connue depuis longtemps pour son efficacité. C'est une opération indispensable en plaine. Les nombreux essais que nous avons mené depuis 7 ans nous ont toujours montré qu'en l'absence de travail du sol aucune régénération naturelle n'était possible.

Les effets du travail du sol sont multiples et nous allons les analyser successivement.

Le premier effet du travail du sol est l'élimination de la végétation concurrente. Cet effet est décisif et permet d'éliminer la concurrence pour l'eau, les éléments minéraux et la lumière. Il est parfois nécessaire au préalable d'éliminer une partie de la végétation concurrente comme les "morts bois calcicoles", ou la ronce lorsqu'elle est trop abondante. La ronce peut être facilement éliminée chimiquement par le 2-4-5 T, d'ailleurs maintenant interdit en forêt, mais un girobroyage a les mêmes effets. Le travail du sol élimine ensuite par enfouissement la végétation qui a un moins grand développement aérien. La durée de l'effet du travail du sol est variable suivant les espèces et les stations, mais est efficace le plus souvent pendant deux ans vis-à-vis de la végétation.

Le deuxième effet du travail du sol est mécanique. Il permet la fragmentation des horizons organiques qui font obstacle à la pénétration des racines (A_0 des mor, mor-moder et moder) et assure un bon contact entre le sol et la faîne. Le travail du sol améliore également le régime hydrique du sol [3], d'une part directement par effet de mulch et d'autre part indirectement par élimination de la végétation.

Lorsque les faînes sont enfouies une sécheresse de printemps n'a guère de conséquence, mais peut être catastrophique dans le cas contraire si elle intervient au moment de la sortie des radicules.

Mais, l'amélioration du régime hydrique se fait sentir pendant toute la saison de végétation et permet ainsi aux plantules de résister

également à une sécheresse estivale.

L'enfouissement des faînes permet également de lutter contre les gelées tardives de printemps lorsqu'elles se produisent au moment de la sortie des radicules.

Enfin, le dernier rôle du travail du sol et qui n'est pas le moins important est celui de la lutte contre l'agent de la pourriture de faînes pendant l'hiver. Un labour avant faînée permet d'enfouir la litière et les horizons organiques où se développe de préférence Rhizoctonia solani. PERRIN a pu montrer qu'un labour profond avant faînée permettait de réduire les attaques de ce champignon par IO.

Un simple crochetage ou un passage au rotovator sont beaucoup moins efficaces car ils n'assurent pas l'enfouissement des horizons organiques et donc de l'inoculum.

La meilleure intervention est donc un labour profond avant faînée enfouissant bien les horizons superficiels. L'efficacité de cette intervention est amélioré par un deuxième passage superficiel permettant l'enfouissement léger des faînes (herse, appareil à griffes, etc...).

5.3 - LUTTE CONTRE LES RONGEURS

On pourrait penser qu'un enfouissement léger des faînes permettrait une bonne protection contre les rongeurs. Tous les essais que nous avons mené dans le Bassin Parisien nous ont montré que l'enfouissement des faînes était complétement inefficace , surtout lorsque les populations de rongeurs sont à un niveau élevé, en particulier lors des hivers peu rigoureux.

Il est donc indispensable de diminuer les populations de rongeurs lorsqu'elles sont à un niveau élevé. Le moyen le plus efficace est l'utilisation des anticoagulants. IO postes d'appatage à l'hectare constitués par du blé enrobé par du chlorophacinone à 0,0075% donnent des résultats excellents.

Pour éviter la recolonisation des zones traitées par les populations extérieures, il faut envisager de traiter une surface plus grande que la parcelle à régénérer. Une bande de protection de IOO m semble suffisante.

Les risques d'intoxication du gibier ne sont pas négligeables. Il est donc nécessaire de placer les appâts, en particulier le blé, sous des abris pièges accessibles uniquement aux rongeurs.

5.4 - LUTTE CONTRE LES OISEAUX

La lutte contre les oiseaux est beaucoup plus difficile et n'a encore jamais été pratiquée à grande échelle. Les essais effectués en forêt de HEZ [4] montrent qu'elle est possible et le plus souvent indispensable.

L'utilisation de procédés sonores (explosion, cris de frayeur) n'est guère envisageable en forêt. L'utilisation de filets est par contre possible au moins sur des surfaces réduites, par exemple sur des points d'appui. Les filets classiques s'ils sont très efficaces, sont cependant onéreux. Par contre, les filets acryliques non tissés sont d'un prix de revient très faible et sont actuellement en cours d'essais.

5.5 - LUTTE CONTRE LE GIBIER

La seule manière de lutter contre le gibier est d'enclore les parcelles à régénérer lorsque la densité de gibier est trop élevée. Cette pratique est couramment utilisée en Allemagne.

5.6 - LUTTE CONTRE LES INSECTES

La lutte contre les insectes est indispensable et a l'avantage d'être facile. Nous avons pu montrer [II] qu'une seule application d'un insecticide systémique le 2 chloro 2 dièthyl-carbomoyl I méthylvinyle diméthylphosphate commercialisé sous le nom de Dimecron IO ou Phosphamidon était très efficace. Cette application se fait vers la mi-juin à raison de 300 à 400 g de produit actif à l'hectare.

5.7 - UN EXEMPLE D'UTILISATION DES DIFFERENTS MOYENS DE LUTTE : L'ESSAI DE LA FORÊT DOMANIALE DE HEZ FROIDMONT (Oise)

A la suite de la faînée de I976, nous avons utilisé tous les moyens de lutte nécessaires contre les différents facteurs d'échec de la régénération naturelle.

Un des traitement comprenait les opérations suivantes :

- girobroyage de la ronce ;
- travail du sol avant faînée (fonrescar) ;
- protection contre les rongeurs (grillage piège et anticoagulant)
- protection contre les oiseaux (filets) ;
- protection contre les pucerons (Dimecron IO).

Au printemps I977, le nombre de semis était en moyenne au m^2 de I dans le témoin et de I27 dans le traitement où toutes ces opérations avait été effectuées.

A l'automne I977, dans ce traitement le nombre de semis était encore de I20.

VI - CONCLUSIONS

La régénération naturelle du hêtre dépend de tout un ensemble de facteurs qu'il est nécessaire de connaître et éventuellement de maîtriser si l'on ne veut pas que les tentatives se traduisent par des échecs répétés.

On ne peut guère agir sur les facteurs climatiques qui induisent lafloraison et favorisent la fructification. On ne peut guère agir non plus sur les facteurs climatiques qui peuvent détruire les semis au moment de la germination ou pendant la première année de végétation : gelées tardives, sécheresse de printemps, sécheresse estivale.

Il est possible par contre de maîtriser les autres facteurs et de minimiser ainsi les risques d'échecs.

La première opération indispensable en plaine est le travail du sol. Un labour avant faînée enfouissant bien la litière est une opération très efficace contre la végétation concurrente et surtout contre l'agent de la pourriture des faînes, Rhizoctonia solani.

Une protection contre les rongeurs ne peut être assurée par l'enfouissement des faînes. Il est nécessaire de limiter les populations de rongeurs pour éviter une trop grande disparition des faînes en hiver.

Il en est de même pour les oiseaux contre lesquels des moyens de

protection efficace devraient être trouvés rapidement.

Enfin, l'élimination du puceron laineux doit être systématiquement pratiquée la première année de végétation.

Ces opérations peuvent paraître onéreuses. Mais, elles le sont beaucoup moins qu'une succession répétée d'échecs se traduisant par des peuplements vieillis, dépérissants, ouverts, envahis par la végétation herbacée et dont la seule possibilité de renouvellement devient alors la régénération totalement artificielle par plantation.

BIBLIOGRAPHIE

[1] BADEA (M.), MIHALACHE (V.), VIASE (I.) - 1966. - Contributii la studial regenerarii naturale a fàgetelor din Republica socialista Romania. Buccuresti Central de documentare technica pentru economica forestierà. Ministeral economiei forestiere, 1966.

[2] BECKER (M.) - 1969. - Le hêtre Fagus silvatica et ses problèmes en forêt de Villers Cotterêts (Aisne). Contribution à la mise au point d'une méthode dynamique d'étude écologique du milieu forestier. Ann. sc. for., t. 26, n° 2, 1969, pp. 141-182.

[3] BECKER (M.), DUBOIS (F.X.), LE TACON (F.) - 1977. - Type de station, fructification et installation des semis de hêtre sur les plateaux calcaires du Nord-Est (Forêt de Haye - Meurthe-et-Moselle).

[4] ENGLER (J.M.), LE LOUARN (H.), LE TACON (F.) - 1978. - Vers la maîtrise de la régénération naturelle du hêtre. L'exemple du dispositif de la forêt domaniale de Hez Froidmont (Oise). R.F.F. 1978 - sous presse.

[5] HEMERY (G.), LE TOQUIN (A.) - 1975. - Utilisation de la méthode des modèles pour l'étude des dépenses énergétiques des populations de pinson du nord, Fringilla montifringilla, en période internuptiale. Comptes-rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, série D, t. 280, 1975, p. 1153.

[6] HUSS (J.) - 1972. - Die Entwicklung von Buchenjungwüchsen auf einer Naturverjüngungsfläche. Der Forst-u. Holzwirt, 1972/3, p. 56-58.

[7] HUSS (J.), KRATSCH (H.D.), ROHRIG (E.) - 1972. - Ein Erfahrungsbericht über Massnahmen zur Förderung der Buchennaturverjüngung bei der Mast 1970 in 8 Forstämtern Südniedersachsens. Der Forst und Holzwirt n° 17 Sep 1972.

[8] LE LOUARN (A.), SCHMITT (A.) - 1972. - Relation entre la production de faînes et la dynamique des populations de mulot. Apodemus sylvaticus. Ann. sc. for., vol. 30, n° 1972.

[9] LE PONT (P.) - 1949. - Un ancien appareil de crochetage. R.F.F. n° 9-10, 1949, p. 421.

[10] LE TACON (F.), MALPHETTES (C.D.) - 1974. - Germination et comportement de semis de hêtre sur six stations de la forêt domaniale de Villers Cotterêts (Aisne). R.F.F., Vol. 26, n° 2, 1974, p. III-124.

[11] LE TACON (F.), MALPHETTES (C.B.) - 1976. - Nouveaux résultats concernant la germination et le comportement de semis de hêtre en forêt domaniale de Villers Cotterêts (Aisne). Rev. for. franc. XXVIII/2, 1976, p. 132-137.

[12] LE TACON (F.), OSWALD (H.), PERRIN (R.), PICARD (J.F.), VINCENT (J.P.) - 1976. - Les causes de l'échec de la régénération naturelle du hêtre à la suite de la faînée de 1974. Rev. for. franc. XXVIII/6, 1976, p. 427-446.

[13] MATTHEWS (J.D.) - 1955. - The influence of weather on the frequency of beech mast years in England Forestry 1955, 107.

[14] MAURER (E.) - 1964. - Buchen- und Eichensamenjahre in Unterfranken während der letzten 100 Jahre. A.F.Z. n° 31.

[15] MONTARIOL (M.) - 1932. - Les futaies de hêtre de Normandie, considérations générales. (Bul. de la Société des amis et anciens élèves de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts, n° 16, Janvier-Avril 1932.

[16] PERRIN (R.) - 1978. - La pourriture des faînes causée par Rhizoctonia solani KUHN. Incidence sur les faînées1974 et 1976 et traitement curatif des lots de faînes en vue de la conservation. Eur. Journ. Forest. Path. 1978 (sous presse).

[17] RÖHRIG (E.) - 1975. - Die Förderung der Buchen- Naturverjüngung durch Bodenbearbeitung. Erfahrungen aus der Praxis in Niedersachsen - AUS DEM WALDE . Mitteilungen aus der Niedersächsischen Landesforstverwaltung - HEFT 24.

[18] SILVY LELIGEOIS(P.) - 1949. - Les problèmes de la régénération dans les hêtraies normandes. R.F.F., N° 9-10, 1949, p. 426.

[19] VINCENT (J.P.) - 1977. - Interaction entre les micromamifères et la production de semences forestières. Ann. sc. for., 1977 34(1), 77-87.